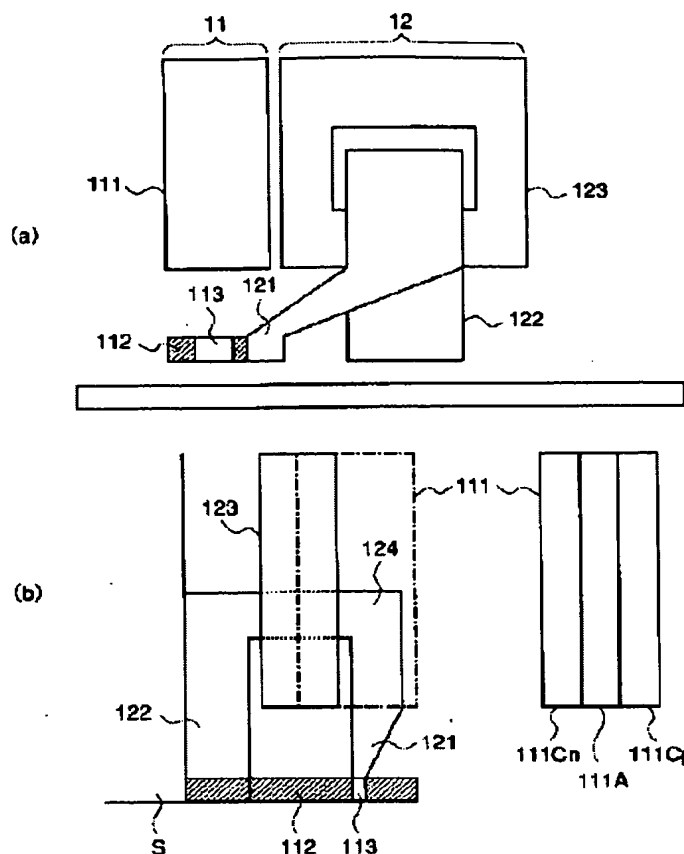


Patent Abstracts of Japan

TITLE : THERMALLY ASSISTED MAGNETIC
RECORDING HEAD AND THERMALLY
ASSISTED MAGNETIC RECORDING
APPARATUS MOUNTING THE SAME



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a rectangular magnetic domain also in the thermally assisted magnetic recording by adjusting the recording magnetic field strength distribution applied from a recording magnetic pole to a medium.

SOLUTION: The thermally assisted magnetic recording head is characterized in having a recording magnetic pole 121 such that the recording magnetic field strength increases from the location of track center TC towards the location of track edge TE. And also, the thermally assisted magnetic-recording apparatus is characterized in that it is provided with a heat source 11 for heating the medium and the thermally assisted magnetic recording head disposed near a heat source 11, and that the recording magnetic field strength distribution in the track width direction of the recording magnetic pole 121 conforms to the coercive force distribution that heating the medium 2 formed into the medium 2.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-133608

(P2002-133608A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002.5.10)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード(参考) |
|-------------------------------|-------|---------------|-------------|
| G 1 1 B 5/187 | | G 1 1 B 5/187 | B 5 D 0 3 3 |
| 5/02 | | 5/02 | Z 5 D 0 7 5 |
| 5/31 | | 5/31 | S 5 D 0 9 1 |
| 11/10 | 5 0 2 | 11/10 | D 5 D 1 1 1 |
| | | | 5 0 2 Z |
| 審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) | | | |

(21) 出願番号 特願2000-332066(P2000-332066)

(22) 出願日 平成12年10月31日 (2000. 10. 31)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 市原 勝太郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 秋山 純一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100083161

弁理士 外川 英明

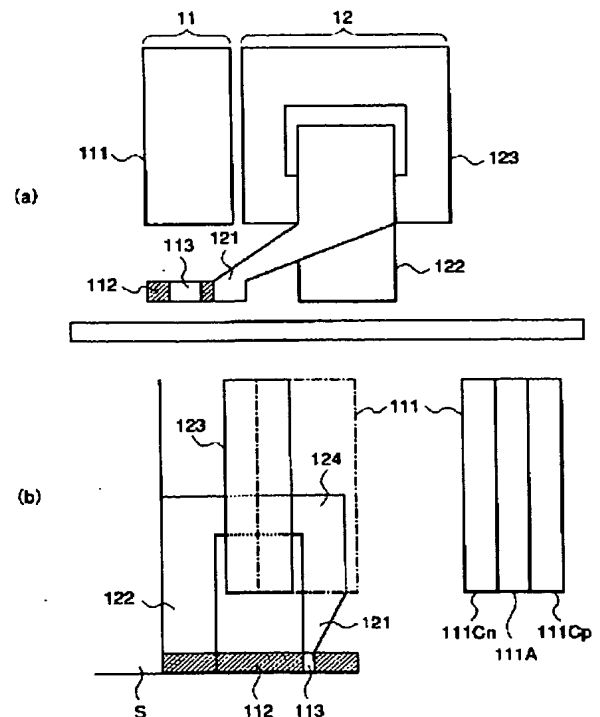
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱アシスト磁気記録ヘッド及びこれを搭載する熱アシスト磁気記録装置

(57) 【要約】

【課題】 記録磁極から媒体に印加する記録磁界強度分布を適正化する事で、熱アシスト磁気記録においても矩形形状の磁区を得ること。

【解決手段】トラック中心T Cの位置からトラックエッジT Eの位置に向けて、記録磁界強度が増加する記録磁極1 2 1を有することを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッドおよび、媒体を加熱する為の熱源1 1と、この熱源1 1の近傍に配された上記熱アシスト磁気記録ヘッドとを具備し、記録磁極1 2 1のトラック幅方向の記録磁界強度分布が、媒体2の加熱により該媒体2中に形成される保磁力分布に従っていることを特徴とする熱アシスト磁気記録装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 トラック中心位置からトラックエッジ位置に向けて、記録磁界強度が増加する記録磁極を有することを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項2】 トラック中心付近の飽和磁束密度が、トラックエッジ付近の飽和磁束密度よりも小さく調整されていることを特徴とする請求項1に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項3】 トラック中心付近の記録磁極厚がトラックエッジ付近の記録磁極厚よりも薄く調整されていることを特徴とする請求項1記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項4】 トラック中心付近の記録ギャップ厚がトラックエッジ付近の記録ギャップ厚よりも厚く調整されていることを特徴とする請求項1記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項5】 トラック中心付近の前記記録磁極と媒体間の距離がトラックエッジ付近の前記記録磁極と媒体間の距離よりも長くなるように調整されていることを特徴とする請求項1記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項6】 媒体を加熱する為の熱源と、この熱源近傍に配された請求項1乃至5のいずれか一項に記載された熱アシスト磁気記録ヘッドとを具備し、前記記録磁極のトラック幅方向の記録磁界強度分布が、媒体加熱により該媒体中に形成される保磁力分布に従っていることを特徴とする熱アシスト磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、媒体を加熱して磁気的に情報の記録再生を行うための熱アシスト磁気記録ヘッド及びこれを搭載する熱アシスト磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気的に情報の記録再生を行う磁気記録装置は、大容量、高速、安価な情報記憶手段として発展を続けている。特に近年のハードディスクドライブ(HDD)の進展は著しく、製品レベルで記録密度は10Gb/in²を、内部データ転送速度は100Mbpsを超え、メガバイト単価は数円/MBに低価格化している。HDDの高密度化は、信号処理、メカ・サーボ、ヘッド、媒体、HDIなど複数の要素技術の集大成として進展してきているが、近年、媒体の熱擾乱問題がHDDの高密度化の阻害要因として顕在化しつつある。

【0003】磁気記録の高密度化は、記録セルの微細化により実現するが、記録セルの微細化により媒体からの信号磁界が減少する為、所定の信号対雑音比(S/N)を確保する上では、媒体ノイズの低減化が必須となる。媒体ノイズの主因は、磁化転移部の乱れであり、乱れの大きさは媒体の磁化反転単位に比例する。磁気媒体には多結晶磁性粒子からなる薄膜(多粒子系薄膜)が用いら

れているが、多粒子系薄膜の磁化反転単位は、粒子間に磁気的な交換相互作用が作用する場合は、交換結合された複数の磁性粒子から構成される。

【0004】従来、例えば数100Mb/in²から数Gb/in²の記録密度においては、媒体の低ノイズ化は主に、磁性粒子間の交換相互作用を低減し磁化反転単位を小さくする事で実現してきた。最新の10Gb/in²級の磁気媒体では、磁化反転単位は磁性粒子2~3個分にまで縮小されており、近い将来、磁化反転単位は磁性粒子一つに相当するまで縮小するものと予測される。

【0005】従って今後さらに磁化反転単位を縮小して所定のS/Nを確保する為には、磁性粒子の大きさ自身を小さくする必要がある。磁性粒子の体積をVとおくと粒子の持つ磁気的エネルギーはKuVで表わされる。ここでKuは粒子の磁気異方性エネルギー密度である。低ノイズ化の為にVを小さくするとKuVが小さくなり室温付近の熱エネルギーによって記録情報が乱れる、という熱擾乱問題が顕在化する。Shallok等の解析によれば、粒子の磁気的エネルギーと熱エネルギー(kT; k:ボルツマン定数、T:絶対温度)の比、KuV/kTは100程度の値でないと記録寿命の信頼性を損ねる。

【0006】従来から媒体磁性膜に用いられてきたCoCr基合金のKu(2~3×10⁶erg/cc)では、低ノイズ化の為に粒径微細化を進めると熱擾乱耐性の確保が困難な状況に至りつつある。そこで近年、CoPt、FePdなど10⁷erg/cc以上のKuを示す磁性膜材料が注目を浴びてきているが、粒径微細化と熱擾乱耐性を両立する為に、単純にKuを上げると別の問題が顕在化する。それは記録感度の問題である。

【0007】媒体磁性膜のKuを上げると媒体の記録保磁力(Hc0=Ku/Isb; Isb:媒体磁性膜の正味の磁化)が上昇し、Hc0に比例して飽和記録に必要な磁界が増加する。記録ヘッドから発生し媒体に印加される記録磁界は記録コイルへの通電電流の他に、記録磁極材料、磁極形状、スペーシング、媒体の種類、膜厚などに依存するが、高密度化に伴い記録磁極先端部のサイズが縮小する事を考慮すると、発生磁界の大きさには限界がある。例えば最も発生磁界の大きな単磁極ヘッドと軟磁性裏打ち垂直媒体の組合せでも、記録磁界の大きさは高々10kOe程度が限界である。一方で将来の高密度・低ノイズ媒体に必要な5nm程度の粒径で、十分な熱擾乱耐性を得る上では、10⁷erg/cc以上のKuを示す磁性膜材料を採用する必要があるが、その場合、室温付近における媒体の記録に必要な磁界は10kOeを軽く上回る為、記録が出来なくなる。従って単純に媒体のKuを増加させてしまうと、記録自体が出来ないという問題が顕在化するのである。

【0008】上記した様に、従来の多粒子系媒体を用い

た磁気記録では、低ノイズ化、熱擾乱耐性の確保、記録感度の確保がトレードオフの関係に有り、これが記録密度の限界を与える。この問題を解決する提案として、熱アシスト磁気記録方式がある。

【0009】多粒子系媒体を用いる熱アシスト磁気記録方式では、十分にノイズが低くなる程度に微細な磁性粒子を用い、熱擾乱耐性を確保する為に室温付近で高い K_u を示す記録層を用いる。この様な大きな K_u を有する媒体は、室温付近では記録に必要な磁界が記録ヘッドの発生磁界を上回り記録不能である。記録磁極の近傍に光ビーム、電子ビーム等の媒体加熱手段を配し、記録時に局所的に媒体を加熱し加熱部の H_c0 をヘッド磁界以下に低下させて記録する。この基本コンセプトを実現する上での重要なポイントは、加熱中もしくは加熱直後の媒体が冷却する前のタイミングで記録磁界を供給して記録を完了する事、記録完了後、媒体が十分に冷却するまでに熱擾乱の影響で記録磁化が再反転するのを防止する事、隣接トラックを加熱して隣接磁化転移を熱擾乱で破壊する事の無い様に記録磁極の幅程度の微小領域のみを選択的に加熱する事などである。又、トラック幅方向に媒体温度が分布を持ち、トラック幅方向に媒体保磁力が一樣に低下しない場合においては、記録磁区形状が矩形ではなく矢羽状になりやすく分解能を損ねるので、この矢羽状磁区の形成を防止する事も重要である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記したポイントの中、特に記録磁区が矢羽状になり分解能を損ねる、という課題に対して為されたものであり、記録磁極から媒体に印加する記録磁界強度分布を適正化する事で、熱アシスト磁気記録においても矩形状の磁区を得る事をその目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、トラック中心位置からトラックエッジ位置に向けて、記録磁界強度が増加する記録磁極を有することを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッドを提供する。

【0012】ここでは、トラック中心付近の飽和磁束密度が、トラックエッジ付近の飽和磁束密度よりも小さくなるように、トラック中心付近の記録磁極厚がトラックエッジ付近の記録磁極厚よりも薄くなるように、トラック中心付近の記録ギャップ厚がトラックエッジ付近の記録ギャップ厚よりも厚くなるように、またはトラック中心付近の前記録磁極と媒体間の距離がトラックエッジ付近の前記録磁極と媒体間の距離よりも長くなるように調整されていてもよい。

【0013】また、本発明では、媒体を加熱する為の熱源と、この熱源近傍に配された上記熱アシスト磁気記録ヘッドとを具備し、記録磁極のトラック幅方向の記録磁界強度分布が、媒体加熱により該媒体中に形成される保

磁力分布に従っていることを特徴とする熱アシスト磁気記録装置を提供する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0015】本発明に実施形態の説明に先立ち、熱アシスト磁気記録装置の概要について説明する。図7は、ロータリーアクチュエータを用いた熱アシスト磁気記録装置の概略を示したものである。記録媒体101は、スピンドル102に装着され、所定の回転数で回転される。媒体101からわずかに浮上した状態もしくは接触した状態で情報の記録再生を行う磁気ヘッド（記録素子および再生素子）及び媒体101を加熱するための熱源素子を搭載したスライダ103は、薄板状のサスペンション104の先端に取り付けられている。サスペンション104は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部等を有するアクチュエータアーム105の一端に接続されている。一方、アクチュエータアーム105の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ106が設けられている。ボイスコイルモータ106は、前記アクチュエータアーム105のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、それを挟み込むように対向して配置された永久磁石及び対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。アクチュエータアーム105は、固定軸107の上下2カ所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ106より回転揺動が自在にできるようになっている。

【0016】図1は、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッド及び熱アシスト磁気記録装置の基本的考えを説明する為の図であり、(a)は断面図（媒体を横から見た図）、(b)は平面図（媒体を上から見た図）である。図1において、1は熱アシスト記録ヘッド、11は熱源、12は記録素子、2は媒体、T1、T2、T3、T4は等温線、TCはトラック中心、TEはトラックエッジ、Mは記録磁区である。図1では、本発明の解決しようとする課題を明確にする為、記録磁区の形状は矢羽状に描いてある。図1で媒体は左側から右側へ数10m/Sで移動する。右側がトレーリング方向、左側がリーディング方向であり、各素子（熱源、記録磁極）はリーディングエッジとトレーリングエッジを持つ。

【0017】熱アシスト磁気記録の実施においては、媒体2に対し熱源11から熱線（光ビームもしくは電子ビームなど）を照射して、媒体を加熱し記録トラック幅に亘り H_c0 を H_w 以下に低下させる。媒体の温度分布は、照射する熱線のパワー、媒体移動速度、媒体の熱応答特性などに依存するが、一般的には媒体の移動方向（図1の右側）に膨らんだ形状、即ち図1中のT1からT4の形状を呈する。媒体温度は、T1が最も高く、T2、T3、T4と外側ほど低い。この媒体温度分布と、

媒体の熱磁気特性から $H \ll 0$ の空間分布が決定される。 $H \ll 0$ は、 $T1$ の中央部付近で最小、 $T2$ 、 $T3$ 、 $T4$ と外側ほど高い。もしも記録素子 12 先端の記録磁極から媒体に印加する記録磁界 (H_w) が記録磁極部に亘り一様な場合には、記録磁区は図 1 に示した様な矢羽根状になる。なぜならば、等温線 $T3$ の部分の $H \ll 0$ が H_w に一致しているとすると、 $T3$ の位置で磁化方向が固定され、それよりもトレーリング側では $H \ll 0 > H_w$ なので磁化反転は起こらない。ある時刻 $t0$ で例えば H_w の向きが媒体面に対して上向き (垂直記録) もしくは右向き (長手記録) に、下向きもしくは左向きの状態から反転したとする。又、 $t0 + \Delta t$ で H_w の向きが、下向きもしくは左向きに再度反転したとする。媒体線速を V とおくと、 $t0$ から $t0 + \Delta t$ の間に媒体は $V \Delta t$ 走行し、この間は上向きもしくは右向きに磁化されるのだから、 $V \Delta t$ の長さの磁区が出来る事になる。図 1 では磁化固定点 ($H \ll 0 = H_w$ になる位置) は記録トラック幅全体に亘り、記録磁極のトレーリングエッジよりもリーディング側に存在するので、記録磁区は矢羽根状になる。図 1 から、記録磁極厚が薄い場合には、トラック中心付近は等温線記録では無くトレーリングエッジ記録になる為、トラック中心付近は矢羽根状では無く直線状になる事が判る。即ち記録磁区を直線状にする上では、記録磁極厚を薄くした方が良い事になるが、記録磁極厚を過度に薄くすると H_w 自体が低下して好ましくない。

【0018】所定の H_w を供給する事が可能な適正な記録磁極厚を用いた場合、磁化転移の形状は、トラック幅全体に亘り矢羽根状を呈する場合と、トラックエッジ付近のみで矢羽根状、トラック中心付近では直線状を呈する場合とがある。前者は、磁化固定線 ($H \ll 0 = H_w$ の線) の全てが記録磁極内部にあり、固定線と磁極のトレーリングエッジに交点が無い場合であり、後者は、磁化固定線と磁極のトレーリングエッジが二つの交点を有する場合である。磁化固定線が記録磁極内にある領域では、磁化転移は磁化固定線の形状に従って矢羽根状を呈するが、磁化固定線が磁極の外にある場合には、磁化転移は磁極のトレーリングエッジの形状に従う。磁化固定線と磁極のトレーリングエッジの交点がトラックエッジにかなり近い場合には、再生素子のトラック幅を二つの交点を結ぶ線分以下とすれば、実質的には矢羽根状磁化転移の影響は無いが、アジマス角、記録磁極と再生素子の製造較差などを考慮すれば、交点が存在する形態においても、記録トラック幅全体に亘り、略直線状の磁化転移を形成するが好ましい。本発明は、トラック幅全体に亘り略直線状の磁化転移を形成する事を基本的な目的としている。

【0019】この目的を実現する手法は、トラック中心付近の H_w がトラックエッジ付近の H_w よりも低く調整されている事であり、トラック幅方向の H_w の分布が、媒体の熱応答分布に従っている事である。具体的な手法

としては、以下の四つが挙げられる。一番目は、トラック中心付近の飽和磁束密度 (B_s) が、トラックエッジ付近の B_s よりも小さく調整されている記録磁極であり、二番目は、トラック中心付近の記録磁極厚がトラックエッジ付近の記録磁極厚よりも薄く調整されている記録磁極であり、三番目は、トラック中心付近の記録ギャップ厚がトラックエッジ付近の記録ギャップ厚よりも厚く調整されている記録磁極であり、四番目は、トラック中心付近の記録磁極と媒体間の距離 (スペーシング) がトラックエッジ付近のスペーシングよりも長く調整されている記録磁極である。

【0020】前記した様に、磁化固定線と記録磁極のトレーリングエッジが交点を持つ場合には、上記した本発明の手段は、少なくとも交点よりもトラックエッジ側の領域に対して為されるものである。

【0021】従来の記録磁極はトラック幅に亘り、均一な B_s 、均一な磁極厚、均一なギャップ厚、均一なスペーシングを有しており、媒体上での記録磁界 (H_w) の分布は記録磁極部に亘りほぼ均一で、ややトラック中心付近の方がトラックエッジ付近よりも H_w が大きかった。均一な B_s 、均一な磁極厚、均一なギャップ厚、均一なスペーシングでトラック中心付近の H_w がトラックエッジ付近の H_w よりも大きくなる理由は、記録磁極表面に点電荷を均一において H_w のシミュレートした場合を想定すれば容易に理解される。記録磁極下部の媒体上での H_w は点電荷からの電気力線のベクトル和で与えられるが、当然の事ながら、トラック中心部の方がトラックエッジ付近よりも電気力線は密である。

【0022】以下、図面を参照して本発明の具体的な実施形態を説明する。

【0023】[第 1 実施形態] 本実施形態では、プラナー構造の熱源一体型単磁極ヘッドに本発明を適用した例を説明する。熱源としては端面発光 LD を採用した。図 2 は本実施形態に用いた熱源一体型ヘッドの全体構成を示す図である。プラナー構造のヘッド素子は例えばスライダの側面上に形成される。図 2 (a) は、ヘッド素子をスライダー側面情報から見た図で、媒体 2 は図 2 (a) において左側か右側へ移動する。図 2 (b) は、ヘッド素子を図 1 (a) の左側から見込んだ図であり、図 2 (b) の横方向がトラック幅方向に相当する。図 2 において、11 は熱源素子、12 は記録素子、2 は媒体、S はスライダーである。再生素子については、本発明の本質に関わりがないので特に図示しないが、熱源素子のリーディング側もしくは記録素子のトレーリング側に設ける。図 2 の構成では、ヨーク拘い上げ型の再生素子を設けるのが良い。又、再生ギャップは基本的にトラック幅方向に直線状を為す。

【0024】熱源素子 11 の基本構成は、端面発光 LD 111、媒体面に近接して配される反射体 112、反射体 112 に設けられた光学開口 113 であり、LD 111

1の基本構成は、n型クラッド層111Cn、活性層111A、p型クラッド層111Cpであり、煩雑を避ける為、図2においては、バッファ層、電極などは除いて示した。記録素子12の基本構成は、記録磁極121、リターンパス122、コイル123、磁路124である。図2では、本発明の実施に関わる心臓部のみを記載し、絶縁膜、電極などと素子の詳細な構造は除いて示した。スライダSとしては、例えばアルチックもしくはアルチックにLD成長用基板を接合したものが用いられる。

【0025】上記した構成の熱源一体型記録再生素子は、例えば以下の手順で作成する事が可能である。ウェファー状のアルチック基板Sに、必要に応じてGaAs、Ga_{0.5}N_{0.5}面サファイアなどのLD成長用基板を接合し、MOCVD法により、LD部111を成長させる。基板Sと活性層の間隔は、活性層の中心が、記録磁極の中心になる様に調整される。図2の様に最終的に基板に近い側にリターンパスが配される構造の場合は、基板とLD部の間隔は長く、LD成長用基板を用いなくても、先ず基板上にバッファ層を厚く成長させる事で、クラッド層、活性層の結晶性を確保する事も可能である。例えば波長400nm程度のLD素子を用いる場合には、基板上にGa_{0.5}N_{0.5}バッファ層、n型Ga_{0.5}N_{0.5}層、n型InGa_{0.5}N_{0.5}層、n型AlGa_{0.5}N_{0.5}/Ga_{0.5}N_{0.5}からなるn型クラッド層111Cn、n-GaN層、多重量子井戸構造のInGa_{0.5}N_{0.5}からなる活性層111A、p型AlGa_{0.5}N_{0.5}層、p-GaN層、p型AlGa_{0.5}N_{0.5}/Ga_{0.5}N_{0.5}からなるpクラッド層111Cp、p型Ga_{0.5}N_{0.5}層を成長させた後、RIE加工によりn型Ga_{0.5}N_{0.5}層までエッチングし、n電極を形成した後、再度PEPして電極部を被覆後、Ga_{0.5}N_{0.5}バッファ層を加工してLD部111を島取りする。レジスト除去後、p型クラッド層とp型Ga_{0.5}N_{0.5}部付近を適当な形状に加工し、必要に応じてSiO₂などの保護膜で側壁部を被覆した後、p型電極をパターンニング形成する。LD部の媒体面側の面とその反対側の面には反射膜を形成して、共振器を形成する。LDの媒体面側の面は透過性のある反射膜とし光出射面とする。媒体面側と反対側の面の反射膜は全反射でも良いが、透過性を持たせて光出力制御用のモニター光検出に利用しても良い。上記に従って形成したLD部111の媒体面側の部分に透明体からなる導波部を形成し、導波部先端に反射体112を形成する。これらの形成は、成膜→PEP→エッチングの工程で実施しても、PEP→埋め込み成膜→リフトオフの工程で実施しても良く、又、反射体部はフレームメッキ法により形成しても良い。光学開口113は素子をチャッピング後、媒体面側からFIB加工して形成するのが良い。この様にして、熱源素子11を形成する事が出来る。

【0026】次に、島状に形成された熱源素子の周囲に記録素子12を形成する。例えば先ず基板S上にフレームメッキ法によりNiFe、FeCoNiなどの軟磁性体からなるリターンパス122を形成し、さらにパターンニングして

リターンパスと同系統の材料からなる磁路124部を形成する。次にレジストをコイルパターンで形成し、Cu等からなる記録コイル123をフレームメッキ成長させ、レジストで被覆する。さらにレジストパターンを形成して、先端部を除く記録磁極部121を形成する。次に光学開口113に隣接する記録磁極先端部の形成を例えばスパッタリング法、蒸着法で実施する。図2では膜の成長方向がトラック幅方向になるので、磁極先端部に先ずフレームを形成しておき、フレーム中にコリメーションスパッタ、ロングスロースパッタ、蒸着などの異方性成膜法で飽和磁束密度(Bs)の異なる材料を順次、積層すれば本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドを形成する事が可能である。

【0027】図3は、記録磁極先端部の拡大図と媒体面での記録磁界(Hw)の分布であり、(a)が磁極先端付近の拡大図、(b)がHwのトラック幅方向の分布である。図3(a)において、121は記録磁極の先端付近、HB1は第一の高Bs膜、MB1は第一の中Bs膜、LB1は第一の低Bs膜、LB2は第二の低Bs膜、MB2は第二の中Bs膜、HB2は第二の高Bs膜、2は媒体である。図3(a)の横方向がトラック幅方向に対応する。HB1からHB2までの各層のBsと膜厚は、所望の記録磁界の分布が得られる様に、予め磁界計算を行う等して決定する。HB1からHB2は直接積層されていても、中間に非磁性層を介して積層されていても構わない。この実施例では、各層の膜厚を50nmとし、HB1、HB2としてBsが約1.9TのFeTaC膜、MB1、MB2としてBsが約1.3TのCoZrNb膜、LB1、LB2として、Bsが約1TのNiFe膜を各々用い、各層の間に層間の交換相互作用を分離する目的で、膜厚1nm程度のSiO₂膜を配した。図3(b)は図3(a)の構成の記録磁極から媒体に印加するHwの分布の設計値(シミュレーション値)である。トラック中心付近のHwがトラックエッジ付近のHwよりも小さい、本発明の特有のHw分布を示している事が判る。本実施形態では、トラックエッジ付近のHwは12kOe、トラック中心付近では、8kOe程度であった。

【0028】磁化固定線(Hc0=Hwの線)と記録磁極のトレーリングエッジが交点を持つ場合には、交点の内側のトラック中心に近い位置では、記録磁極のBsは一樣にしても構わない。この場合には少なくとも交点の外側のトラックエッジに近い領域で、図3(a)の様なトラックエッジに向けて高いBsを有する磁極を用いれば良い。

【0029】最後に記録素子のトレーリング側にヨーク拘い上げ型のGMR再生素子を形成し、保護コーティングを施した後、LD、記録素子、再生素子の電極パッドを形成し、列切断後、FIB加工により光学開口113を形成した。光学開口の形成は、記録磁極先端を目印に行い、開口のトラック幅がほぼ記録磁極のトラック幅

(本実施形態では305nm)に等しくなる様にした。開口のトラック方向の長さは光利用効率を確保する為に400nm程度とした。開口形成後、チップングを行い、基板Sをスライダ加工に供した。スライダ加工後、ヘッドジンバルアセンブリーを行い、電極を接続して、スピンスタンド評価機のヘッド部に装着した。

【0030】媒体2は、例えばガラスディスク基板上に、例えば100nm程度の軟磁性層、10nm程度の配向制御層、20nm程度の記録層、5nm程度の保護層、1～3nm程度の潤滑層からなり、潤滑層がヘッドと対向する。媒体の形成は、潤滑層を除いて代表的にはスパッタリング法により、潤滑層はディップコートもしくはスピスコート法が適用される。熱アシスト記録に用いる媒体の記録層は室温付近では、記録磁界(H_w)よりも保磁力(H_{c0})が大きく、数nm程度の微細な結晶粒であっても十分に高い熱極乱耐性を示す。又、数100℃の加熱によりH_{c0}がH_w未満に低下する熱磁気特性を有する。本実施形態に用いた媒体は、室温のH_{c0}が30kOe、200℃のH_{c0}が10kOeであった。媒体は、本発明の熱アシスト磁気ヘッドが装着されているスピンスタンド評価機に装着した。

【0031】上記した構成を用いて、本発明を以下の手順で実施した。媒体を例えば4200rpmで回転し、ヘッドを所定の半径位置にローディングして浮上動作させる。浮上量は例えば10nmである。次にLDを駆動し、例えば光源部での光放出パワーを20mW程度とする。開口を通じて媒体側に出射する光強度は約2mW程度である。この光照射により媒体は最大で400～500℃に昇温し、図1(b)に示した形状の等温線を形成する。熱解析の結果では、図1のT3の等温線が180単位程度で、この温度でのH_{c0}は12kOeトラックエッジ部のH_wとほぼ一致する値を示した。又、T2の等温線は、240℃(H_{c0}:6kOe)であり、トラック中心付近では、T2の等温線のややT3に近い部分のH_{c0}が8kOeと、トラック中心付近のH_wに一致した。図1(b)から判る様に、トラックエッジの記録点(H_{c0}とH_wが等しくなる点)と、トラック中心付近の記録点は、ほぼトラック幅方向に直線状に並ぶ事になる。最高記録周波数(線密度)を変えながら図3

(b)のH_w分布の磁界を媒体に印加してランダムパターンの記録を行ない、GMR素子で再生しビットエラーレートを調べた。GMR素子の再生トラック幅は250nm、再生ギャップは50nmである。その結果、ビットエラーレートは500kFCIの線密度まで10E-6以下という良好な値を示した。500kFCI以上では、再生ギャップが分解能を制限する為に実験は行っていないが、より狭ギャップの再生素子を用いれば、さらに高い線密度でも良好なエラー率が得られるものと考えられる。ちなみに記録磁区パターンをMFMにて観察した結果、磁化転移は本発明の目的通り、トラック幅方向

に直線状をなし、かつ600kFCIでも記録磁区は観察された。

【0032】比較の為、磁極先端部がFeTaCのみからなる従来技術の記録ヘッドを用いて、上記と同様に比較例を実施した結果、400kFCI未満からエラー率が10E-6以上に増大した。記録磁区をMFM観察した結果は、磁化転移が矢羽根状であり、比較的低い線密度からエラー率が増加した理由は記録磁区形状に起因する分解能の低下であると見なされた。

【0033】上記した実施形態では、垂直記録とプラナー構造のヘッドを組み合わせた場合について説明したが、長手記録、プラナー以外の構造のヘッドにおいても、記録磁極先端のB_sをトラック幅方向に分布させて、所定のH_w分布を得る事は可能である。

【0034】[第2実施形態]図4は、本発明に係る熱アシスト磁気ヘッド及び熱アシスト磁気記録装置の第2実施形態の構成を示す図である。図4において、同等の機能を有する部材は、図2と同一の符号で示してある。図4(a)はヘッドと媒体の構成を示す図、(b)は媒体から見込んだ記録磁極先端部付近の拡大図である。図4(a)において、11は熱源素子、12は記録素子、13は再生素子、2は媒体、Sはスライダである。この場合のヘッド構造はプラナー構造ではなく、通常の積層構造である。熱源素子11は、n型クラッド層111Cn、活性層111A、p型クラッド層111Cp、導波部1114、反射体112、光学開口113を基本構成として具備する。記録素子12は、記録磁極部121、リターンパス122、コイル123、磁路124からなる。再生素子は、リターンパスを兼ねるリーディング側シールド122、GMR再生素子131、トレーリング側シールド132からなる。図4(b)に示す様に、記録磁極121の先端部において、磁極のトラック方向の厚みがトラック幅方向に均一ではなく、トラック中心付近がトラックエッジ付近よりも薄く調整されている点、本実施形態の特徴である。図4(b)では、記録磁極先端の開口に近い側はトラック幅方向に直線状、反対側が曲線状になっている例を示したが、トラック中心付近の厚みがトラックエッジ付近よりも薄く調整されていれば、どのような形状でも構わない。

【0035】又、磁化固定線と記録磁極のトレーリングエッジが交点を持つ場合には、交点の内側のトラック中心に近い領域では、記録磁極の厚さは一様でも構わない。この場合は、少なくとも交点よりもトラックエッジに近い領域において、磁極の厚さが図4(b)の様に調整されていれば良い。

【0036】図4の熱アシスト磁気ヘッドは例えば以下の手順で作成可能である。アルチック基板に必要に応じてLD成長用基板を接合し、LD素子111を第1実施形態と同様に成長させて島状にRIE加工する。次に導波部114、反射体112を形成し、熱源素子11を得

る。フレームメッキ法により、記録磁極部121と磁路124の一部を形成後、コイル123をフレームメッキ法で形成する。続いてリターンパスをメッキ形成し、必要に応じて平坦化した後、絶縁膜、GMR素子部131、絶縁膜、トレーリング側シールド132の順番に形成する。記録磁極先端の加工は、例えば光学開口の形成と同時にF1Bで行う事が出来る。こうする事で比較的形狀の自由度が高く、図4(b)に示した記録磁極先端部が得られる。形状は予め磁界解析を行って所定のHw分布が得られる様に定めれば良い。F1B加工を行う代わりに、メッキ成長させた磁極先端を等方性のエッチングにより加工しても良い。

【0037】この様にして得たヘッドを、熱アシスト磁気記録用に調整された媒体と共に、スピンスタンド評価機に装着して、評価した結果、第1実施形態とほぼ同等の効果が得られた。

【0038】上記した実施形態では、垂直記録と積層構造のヘッドを組み合わせた場合について説明したが、長手記録、積層構造のヘッドにおいても、記録磁極先端の膜厚をトラック幅方向に分布させて、所定のHw分布を得る事は可能である。

【0039】図4(a)と同一の構成で、記録磁極先端部をF1B加工する際の加工方法を変えれば、トラック幅方向にスペーシングが変化しているヘッドを得る事も可能である。図5はこの様にして得た、記録磁極先端部と媒体の構成を示す図であり、121が記録磁極先端部、2が媒体である。媒体面におけるHwは、スペーシングが大なる程小さいので、図5の様な形状に加工すれば、トラック中心付近のHwをトラックエッジ付近のHwよりも小さくする事が出来る。この場合も、予め所定のHw分布を得る為の磁極先端形状を磁界解析で定めておくのが好ましい。又、磁化固定線と記録磁極のトレーリングエッジが交点を持つ場合には、交点の内側のトラック中心に近い領域では、磁極の媒体面側の面は平坦で構わない。この場合には、少なくとも交点の外側のトラックエッジに近い領域の磁極の形状を図5の様に調整すれば良い。

【0040】【第3実施形態】本実施形態では、熱アシストの長手記録に本発明を適用した例を説明する。媒体は磁化容易軸が媒体膜面内方向を向いている他は、前記した実施例とほぼ同等の性能を有する。図6は本実施例に用いた熱アシスト磁気ヘッドと媒体の構成を示す図であり、図6(a)はヘッドと媒体の構成を示す図、図6(b)は磁極先端を媒体面から見込んだ拡大図である。図6において、111は面発光LED、114は導波部、113は光学開口、112はリーディング側記録磁極、112Tはトレーリング側記録磁極、2は媒体である。図6(b)に示す様に、磁極112Lと112Tとの間の記録ギャップ領域におけるギャップ厚が、トラック中心付近では厚く、トラックエッジ付近では薄く調整され

ている点の特徴である。長手記録におけるHwはギャップが厚いほど小さい事を利用した構造となっている。ギャップ厚の分布は、予め磁界解析によって所定のHw分布が得られる様に決定するのが良い。

【0041】上記した構成の熱アシスト磁気ヘッドは、例えば以下の様にして作成する事が可能である。先ず面発光LEDを基板(図6(a)では図の上方が基板である)上に成長させて島状に加工した後、導波部を例えば角錐状もしくは円錐状に形成する。次に導波部側壁に磁極をフレームメッキ法などで形成し、先端に光学開口113を形成する。この光学開口113部は磁気ギャップを兼ねる。図には煩雑を避ける為、コイルは示していないが、例えば、磁極112L及び112Tの上方に磁路を設け、磁路の周囲にコイルを巻きつけ、二つの磁路はさらに上方で連結させる構造とすれば、ギャップ部を除き閉磁路を形成する事が出来る。二つの磁路を連結する軟磁性体は、面発光素子が設けられている部分を取り囲む様に設ける事が出来る。図6(b)の構造は、媒体対向面側から例えばF1B加工を行う事により形成可能である。図6(b)では、リーディング側磁極の先端の両側を加工した例を示したが、加工はギャップ側のみに施してもよく、その場合には、ギャップ厚が分布を持つ効果と、記録磁極厚が分布を持つ効果の相乗効果として、Hwが所定の分布を呈する。ギャップ厚分布加工は、トレーリング側磁極に対して行ってもよく、又、両方の磁極に対して行っても良い。又、磁化固定線と記録磁極のトレーリングエッジが交点を持つ場合には、交点の内側のトラック中心に近い領域では、記録ギャップは一様で構わない。この場合には、少なくとも交点の外側のトラックエッジに近い領域の記録ギャップの形状を図6(b)の様に調整すれば良い。

【0042】以上の第1乃至第3実施形態で用いたHw分布制御手法は、単独で用いても適当に組合わせて用いても良い。又、本発明は、実施形態に記載したHw分布の形成手段に限定されるものではなく、トラック中心付近のHwがトラックエッジ付近のHwよりも小さく調整される手法であれば何でも構わない。

【0043】

【発明の効果】本発明によれば、熱アシスト磁気記録において、媒体の熱分布が記録トラック方向に不均一な場合においても、トラック幅方向に直線状の磁化転移を形成する事が可能になり、線密度を向上する事が出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の解決すべき課題を説明する為の図。

【図2】 本発明の第1実施形態の構成を示す図。

【図3】 本発明の第1実施形態における記録磁極先端の詳細を示す図。

【図4】 本発明の第2実施形態の構成を示す図。

【図5】 本発明の第2実施形態における記録磁極先端部と媒体の構成を示す図。

【図6】 本発明の第3実施形態の構成を示す図。

【図7】 ロータリーアクチュエータを用いた熱アシスト磁気記録装置の概略図。

【符号の説明】

1 熱アシスト磁気ヘッド

11 熱源素子

12 記録素子

2 媒体

111 LD素子

111Cn n型クラッド層

111CP p型クラッド層

111A 活性層

112 反射体

113 光学開口

121 記録磁極

122 リターンパス

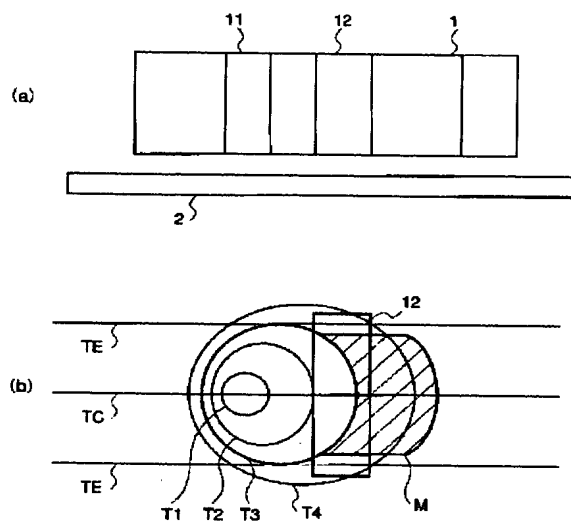
123 コイル

124 磁路

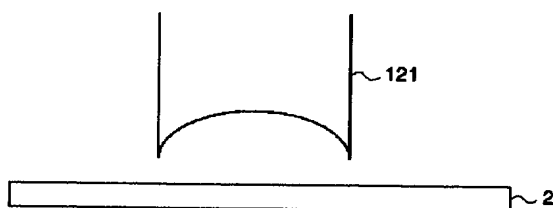
131 再生素子

132 シールド

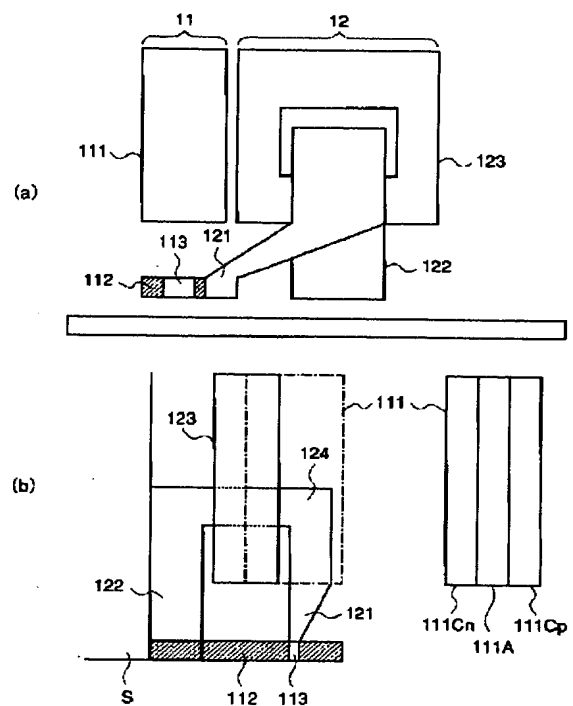
【図1】



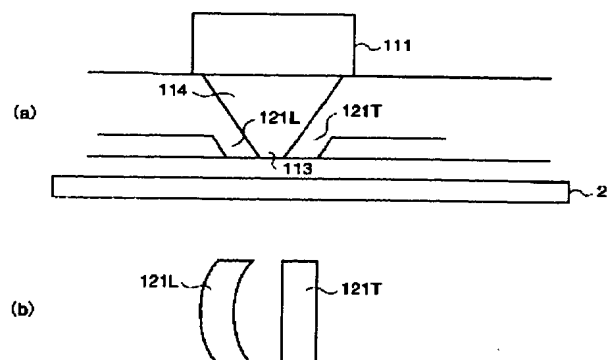
【図5】



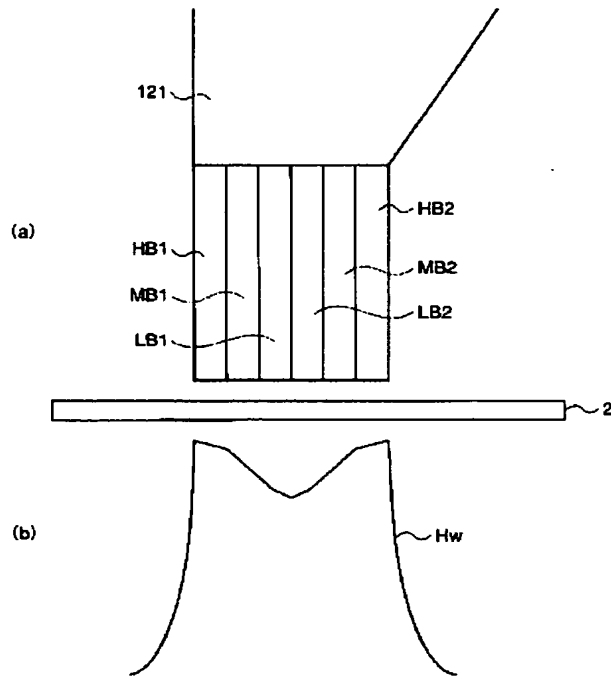
【図2】



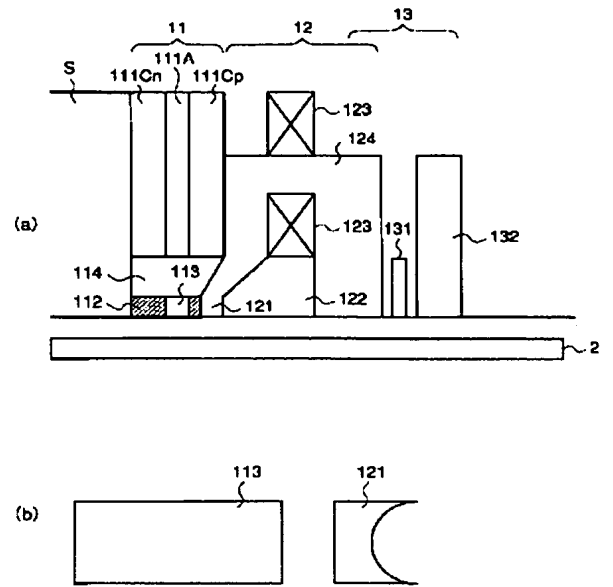
【図6】



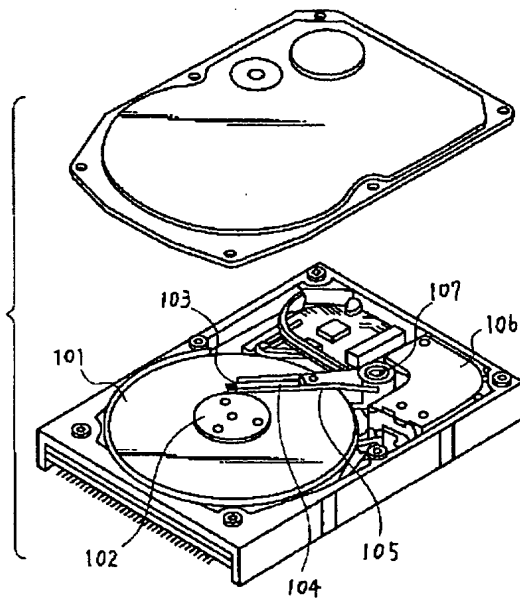
【図3】



【図4】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D033 AA01 BA11 BA12
5D075 AA10 CC01
5D091 AA10 CC04 CC12 CC17 CC26
HH20
5D111 AA05 AA11 AA30 BB15 BB45
KK20